

40-43 第四
1992年

地质科技通报

第3期

勘查、研究和发展矿床学理论有深远的影响和重要的实践意义。但需要强调,目前已建立的模式多半还是属经验性的描述模式,对其中的许多重要地质事件尚达不到“知其所以然”的程度,对已

建模式的继续修改完善、新模式的不建立是目前发展的必然趋势,在“修改”和“建立”过程中日臻完善。

再谈胶东玲珑—焦家式金矿床成矿模式

吕古贤 杨开庆
(地质力学研究所)

孔庆存^① p613 s10.5
(山东省招远金矿)

胶东是中国最重要的原生黄金资源和生产基地,采金历史可追溯至唐宋(1007),甚至更早。金矿地质科学研究始于30年代,开展较为广泛深入:郭文魁等(1949)开展“山东招远县玲珑金铜矿”的研究并发表论文;形成“玲珑式”金矿概念;山东地质六队(1977)发现并建立了另一种“焦家式”金矿类型。石英脉及细脉浸染状黄铁绢英质蚀变岩含矿为区内主要工业类型。近年研究普遍趋向认为,这两种矿床属同一金矿类型。本研究提出“玲珑—焦家式”(剪切带黄铁矿石英脉—黄铁绢英质蚀变岩型),用以描述这一世界金矿研究中尚属新类型的大型矿床(吕古贤、孔庆存,1987)^①。用地质力学及构造动力成岩成矿理论观点对本区该类矿床涉及的诸层次构造控制岩相、矿产分布规律作了研究,进而探讨构造影响岩石及矿床形成作用的特点,侧重从“构造作用力影响成岩成矿静水压力”这一思路出发对矿床成矿模式做了构造物理化学成因方面探讨(吕古贤,1987,1990)。

1. 玲珑—焦家式金矿类型

玲珑—焦家式金矿是指胶东前寒武纪变质岩系内中生代花岗岩中的含金剪切带黄铁矿石英脉—黄铁绢英质蚀变岩金矿类型,花岗岩交代重熔的基体是前寒武纪含基性火山岩的沉积变质岩系。主要由于赋矿及成矿构造性质不同,该类型金矿表现为石英脉和绢英质蚀变岩这两个典型矿化形式及矿床类别,它们密切共生,其Pb、S、O、C同位素组成相同且均匀分布,是同一成因的岩浆期后热液矿床。

2. 胶东地区构造—岩相形式

通过野外实地调查及1:20万构造—岩相简图编制,正式提出区内发育密集区域北东东线性构造,发现北东向压扭构造反倾向切错北东东向构造的地质证据,并把西部的北东向压扭带归为华夏式成分,确立中生代北北东向构造、北东向构造和北东东向线性构造是相对独立的成矿构造。逐步形成了构造—岩相形式概念——有一定展布与形态且具成生联系的构造变形带和构造变形地域组合,包括其中受构造影响的沉积岩相、岩浆岩相和变质岩相建造及反映它们形成发展特征的地质环境和物理化学条件,进一步厘定前中生代(?)基底为东西延展的反“S”状或“~”状弧形断褶—变质岩相形式,建立中生代“N”字形构造—岩相形式,并认为它们的复合叠加控制区域成矿作用,后者是主成矿期构造。

3. 玲珑—焦家式金矿矿源岩系

金矿质来自胶东群?地幔?郭家岭花岗岩闪长岩?还是滦家河花岗岩?几种观点各有一些地质事实依据,至今仍在争论,作者建立矿源岩演变系(序)列概念——成矿物质随着其载体岩石形成、相变及形变而断续分散、运移和重新分配,直至形成矿床这一演变过程和体现这一过程的岩石组合,据时间及空间上与形成矿床作用的亲疏远近(R.W.Hutchinson, 1987),将以胶东群为主的前寒武纪变质岩系归为玲珑—焦家式金矿的中间矿源岩系,其海底中性基性火山岩及碎屑沉积原岩为初始矿源岩,而主要在中生代经交代重熔形成的花岗岩则是直接矿源岩,对于矿源岩系同

①吕古贤、孔庆存,1987,玲珑—焦家式金矿典型矿田构造研究,地质科技通报,第10期

源演变的地质关系作了广泛调研,在 Pb、S、O、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 等同位素地球化学测试研究中提出可靠依据;对于矿源岩系的上述内容及年龄、含金性、REE 模式等方面研究指出了室内外划分标志。

关于直接矿源岩,交代重熔花岗岩,作者从其构造—岩浆岩相属性不同的角度开展了研究。依据大地构造环境、区域地质构造背景、岩石结构、年龄及岩石矿物地球化学数据资料指出,玲珑型片麻状黑云母花岗岩是剪切构造—岩浆岩相,郭家岭型斑状花岗闪长岩属扭压构造—岩浆岩相,而滦家河型等粒二长花岗岩为引张构造—岩浆岩相。

4. 构造控岩控矿与成岩成矿地质特征

前人多指出单矿脉有石英脉在上、蚀变岩在下的垂直分带性。通过平面研究发现,玲珑金矿田及焦家金矿 4 组构造蚀变矿化带从主压扭带到下盘为主的张扭带,均表现出从绢英质蚀变岩矿体向近于平行走向而相反倾向的石英脉矿体有渐变过渡的水平分带特征。两类矿体、矿脉在平面上平行延伸,在剖面上组成“人”字型。这种广泛发育的空间分带现象显示原始共轭断裂发育在 B 轴近于水平的构造环境,同时产生早期矿化绢英岩;断裂在后期转化为压扭带者叠加成黄铁绢英岩矿体,转化为张扭带者充填交代成石英脉矿体。

两种构造—蚀变金矿化特征有系统差别。绢英质蚀变岩矿体厚大、品位低 (5.13g/t) 但变化系数小,金矿物中金 63—70%,矿石低硫 3—4%;石英脉矿体相对较小且变化大,品位较高 (10—25g/t) 而变化系数大,金矿物金 50—60%,矿石中—高硫达 8—20%,或更高。此外,石英脉 $\delta^{34}\text{S}$ 值较低,平均 7‰,蚀变岩 $\delta^{34}\text{S}$ 偏高,平均 9.22‰,矿化流体中前者 $\delta^{18}\text{O}$ 平均 10.7‰,后者平均 11.59‰;引张带矿体 REE 轻稀土富集,而压扭带蚀变岩重稀土相对富集;矿化蚀变特征也不尽相同,绢英岩矿体的蚀变过程中 Si、K、OH、Fe 增加而 Na、Al 带出,但是石英脉矿体则表现 K、Fe、OH、Mg 增加与 Si、Na 减少相伴的特点。

5. 玲珑—焦家式金矿床成因模式

玲珑—焦家式金矿床的形成是沉积—变质—交代和重熔—构造蚀变矿化作用发生发展的综合结果 (见图 1)。矿床形成的具体构造环境差异,

因而产生了两种矿化形式。矿床的构造物理化学成因表现如下 (表 1)。

① 成矿应力和压力环境特点

同一成矿期,构造蚀变矿化带的不同构造部位压力不同,如玲珑九曲矿区北北东带中,蚀变岩达 119MPa,而引张带的石英脉仅 13MPa,但是,对玲珑金矿田,焦家金矿的 4 个矿带系统剖面的古水平差应力值测算发现,挤压带比引张带高出近 1 倍。因而,目前所测两类矿床成矿总压力的悬殊差别主要是由于构造作用力产生的附加静水压力不同所致。

从总压力中先消除成矿时构造附加静水压力部分之后再测算其上覆岩石厚度,上述矿田矿床形成深度仅为 700—3300m±,且依北东带 (213Ma),北东东带 (100.28Ma),北东带 (80Ma) 和北北东带 (71Ma) 的次序逐渐变浅。

② 其它物理化学条件变化

挤压构造成矿部位还原指数较高,而引张部位偏低。玲珑九曲蒋家北北东构造—岩相带的扭压部位和扭张部位还原指数分别为 0.166 和 0.026,并且 pH 值分别是 5.7047 和 6.3788,挤压带稍偏酸性,此外, Eh 值在挤压带中却偏低,分别是 -0.1626V 和 -0.138V,同时挤压部位硫逸度高,而引张带氧逸度高,并且形成温度稍低。

③ 矿化流体的分布、迁移和组分活度

流体组分含量变化特征在不同温度下基本相同,引张带流体 K^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 CO_2 和 H_2O 高,而 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、CO 偏低,但是含量变化幅度很不一样,显示出流体中组分大规模迁移、扩散是在较高温阶段,而不同构造部位矿化流体组分含量产生悬殊变化且影响成矿者却主要发生在中低温阶段,即构造作用更强的阶段。

④ 流体组分活度在不同构造带中不同,玲珑矿用 3 条构造—岩相矿化带剖面中,各带的不同流体组分活度比值, K^+ 和 Na^+ 分别是 1.845、1.002 (中高温)、15.41、21.26 和 0.669、0.655 (中高温)、0.40、0.965,资料说明,与金的成矿密切相关的碱质组分因为处在不同构造部位而活度不同,且主要是由于 K^+ 的活度明显改变所致,特别是在中低温阶段。

⑤ 金沉淀成矿特征

把胶东典型玲珑—焦家式金矿床有关测算值投到 T.M.Seward (1984) 的 $\lg f_{\text{O}_2}$ —pH 图中可以发现,中高温情况下,构造作用对金的溶解度影

响不大,而在中低温时样品点出现明显分区。压扭带蚀变岩类矿石和引张带石英脉矿石分别集中,但有过渡或重叠区,显示前者在 Au (HS) 相中金浓度达 0.01—0.001ppm,则可以沉积成矿,而后者需浓集达 0.1—1ppm 的浓度才能沉淀。

6. 构造—岩相形式分析与地质找矿研究

鉴于该类矿床多阶段、复成因且明显受构造控制特点,开展不同层次构造—岩相研究。

①初始矿源岩系限制矿化集中区范围。研究太古—元古宙构造—沉积岩相后,认为胶东与朝鲜半岛有进一步对比的条件。

②中间矿源岩系制约金矿化带的展布。基底断褶—变质岩相形式的弧形凹进部位向凸出部位,介于角闪岩相向绿片岩相过渡地段是矿带展布的有力地段。

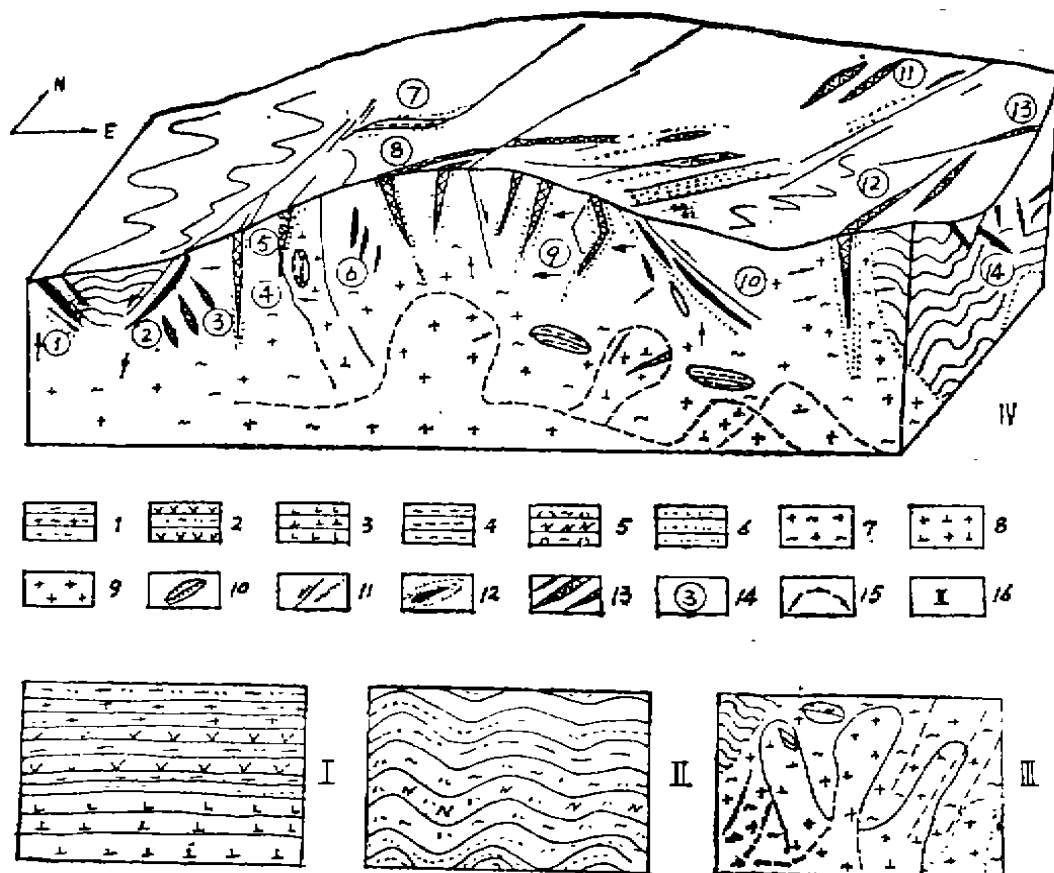


图1 成矿模式示意图

1—中酸性火山岩—沉积岩系; 2—中基性火山岩及火山岩—凝灰岩; 3—基性—超基性火山岩、火山熔岩; 4—绿片岩及浅变质岩系; 5—次角闪岩、角闪岩相岩系; 6—次麻粒岩相、麻粒岩相岩系; 7—玲珑型似片麻状黑云母花岗岩; 8—郭家岭型斑状、似斑状花岗闪长岩; 9—滦家河型等粒(二长)花岗岩; 10—变质岩捕虏体; 11—断裂、剪切带及其运动方向; 12—黄铁绢英质蚀变岩带及其矿体; 13—石英脉型、黄铁矿石英脉型及石英黄铁矿脉型矿体; 14—典型代表性矿床编号; 15—矿液运移富集方向; 16—矿源岩系成生阶段及广义矿化阶段编号。

典型矿床 (1) 三山岛矿床; (2) 焦家金矿 I 号矿体; (3) 焦家金矿 III 号矿脉群; (4) 望儿山矿床; (5) 界河金矿; (6) 灵山沟金矿; (7) 仓上及河西类型金矿; (8) 玲珑金矿田西山 108 脉等北东东向充填石英大脉金矿床; (9) 玲珑东山北东方向过度类型矿床; (10) 北东向破头青金矿; (11) 九曲北北东向矿带; (12) 北北东、近南北向金牛山矿床; (13) 北东向牟平—即墨断裂带中下雨村金矿; (14) 大柳行郭家岭岩体内金矿脉; (15) 盘马式及客落邹家式金矿。

玲珑—熊家式金矿床成矿模式

表 1

| 主要构造岩相 形式/成生时代 (Ma) | 玲珑式石英脉金矿 K增高, Si、Al、Na 氧化物降低的蚀变过程; $\delta^{18}\text{O}_{\text{Si}}$, 6.78—7.25, Au:Ag, 50—60, $\delta^{34}\text{S}_{\text{S}}$, 10.7, S%, 8—20 黄铁矿类岩化 | 过 渡 类 别 | 熊家式相类蚀变岩金矿 K增高伴有 Si 增高的变化及 Al、Na 氧化物降低的蚀变过程; $\delta^{18}\text{O}_{\text{Si}}$, 9.22, Au:Ag, 60—70, $\delta^{34}\text{S}_{\text{S}}$, 11.59, S%, 3—4 |
|---------------------------|--|------------|---|
| 中(新) 生代 N 形 断 陷 构 造 | 引张带, σ 较弱, P 较低, G 较低, nH , 6.3—7.8, 较低, 150—300°C, Eh : 较高(?), f_{O_2} 较高 | 扭 裂 带 | 压扭带, σ 较强, P 较高, G 较高, nH , 5.4—6.0, 较高, 200—350°C, Eh : 较低(?), f_{O_2} 较低 |
| -71.88 | NNE 向构造-矿化形成作用 | 蚀 变 | 矿 化 |
| -80—90 | NNE 向构造-矿化形成作用 | 作用 | |
| -100.28 | NNE 向构造-矿化形成作用 | | |
| 构造及断裂带 | 构造及断裂带 | 蚀变矿化阶段 | |
| -124 | 岩体后期热液为主的热液蚀交代作用发生 | 衍 生 | 脉 岩 |
| -134 | 漆家河花岗岩及其大量脉岩, 大规模热液形成在引张带 | | |
| -164.2 | 郭家岭斑状闪长花岗岩伴强烈钾质热液交代作用产生在挤压环境中 | | |
| -205 | 玲珑片麻状黑云母花岗岩以蚀交代作用为特征产生在剪切环境中 | | |
| -700 | 印支燕山运动结束地台稳定发展阶段, 开始地洼活动时期, 断陷盆地及构造岩系形成成为特色 | | |
| -1721 | 胶东群为主的变质岩受到(麻粒)角闪岩相变质作用, 粉子山群为绿片岩, 蓬莱群受成壤作用发生在蓬莱地槽阶段 | | |
| -2870 | 区域变质及局部交代、混合岩作用, 胶东群变质相北成 $t=800-780^\circ\text{C}$, $P=600\text{MPa}$ | | |
| -2936 | 中基性火山岩及海相碎屑岩, 喷发岩为主类属基性熔岩, 岩石含金丰度较高 | | |
| | | | 熊家式金矿, 即产于胶东群 岩层中的热液 型金矿 |

③直接矿源岩系控制金矿田空间分布。从剪切、挤压到引张构造—花岗岩相的变化控制,金矿田从岩相内部、岩相边部进而在岩相外接触带一定范围内分布。

④构造蚀变矿化岩带与矿床赋存规律。中生

代“N”形构造—岩相形式控制金矿床出露部位。在绢英质蚀变岩矿床附近,特别是下盘低序次构造开展黄铁矿石英脉金矿的找矿研究,而在石英脉金矿附近压扭性主构造带中加强蚀变岩型矿床的找矿工作。

北京市新闻出版局
准印证号: Z1795—921435

一九九二年三月

本期责任编辑: 王振纲